



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PENINGKATAN DAYA DUKUNG TANAH DENGAN
METODE *GROUTING* : STUDI KASUS KALI SEMARANG,
JAWA TENGAH**

**NASKAH PUBLIKASI
TUGAS AKHIR**

**RAHADIAN AKSONO
L2L008052**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG
DESEMBER 2012**

ABSTRACT

Kali Semarang in Semarang city will be constructed embankment. The result of soil investigation by sondir or cone penetration test (CPT) was obtained in the form of very soft clay to soft clay and has low soil bearing capacity. This may in turn damage the embankment which will be built because of a decline slowly building embankment. So it need the compaction soil by compaction grouting for increasing soil density and soil bearing capacity.

The purpose of the research is to know the soil types and soil bearing capacity in areas of research by sondir / CPT data, determining the grouting implementation methods improving very soft soil forces, determining the soil type changes after grouting, and comparing the soil bearing capacity value before and after grouting.

The method used in this research is the soil investigation by using the cone penetration test (CPT) or sondir. CPT before grouting has been done 3 points by Sondir-1, Sondir-2, and Sondir-3, while CPT after grouting has been done by Sondir-1. Afterwards, the CPT's data was processed dan analysed by using the software of Corel Draw X4, Microsoft Exel 2007.

The results of the processing and analysis of data is clay soil until depth of 20 meters. Very soft clay is in the depth of 14 meters and soft clay is in the depth of 20 meters. The soil types is very soft clay and soft clay. Therefore, it is necessary done compaction by compaction grouting. In term of increasing soil bearing capacity, grouting gave the effect of change in soil types at the grouting point in the depths of 14 meters to be sandy silt, 20 meters to be the silty sand, and 3,6-3,8 meters to be sandy silt. Soil bearing capacity at 30^y day after the grouting was around from 29,13–79,00 ton/m² atau 2,91–7,9 kg/cm² and the average sondir result was 49,10 ton/m², whereas before the grouting result was around 20,10–28,00 or 2,01–2,8 kg/cm² and for the average result was 23,25 ton/m².

Key words: Very Soft Soil, Increasing The Soil Bearing Capacity, Compaction Grouting

PENDAHULUAN

Kali Semarang merupakan salah satu pola pengairan yang berada di Kota Semarang, Jawa Tengah. Pada daerah ini memiliki kondisi tidak terdapat batuan yang tersingkap di permukaan karena merupakan daerah alluvium dan sungai stadia tua yang terdiri dari material lepas yang belum terlitifikasi yang berupa lempung, oleh sebab itu daerah ini memiliki kondisi tanah yang sangat lunak hingga lunak. Selain sebagai pola pengairan Kali Semarang juga digunakan untuk menangani genangan air pada kawasan Semarang bagian utara

Pembangunan Kali Semarang di Jawa Tengah, merupakan salah satu pembangunan yang dilakukan Kementerian Pekerjaan Umum untuk membantu Pemerintah Kota Semarang mengatasi permasalahan banjir dan rob. Dalam pembangunannya salah satu lokasi yang mengalami permasalahan gerakan tanah setempat (lokal). Terjadi amblesan di area pembangunan tanggul yang disebabkan oleh tanah yang lunak di area sekitar pembangunan tanggul. Untuk memperbaiki kerusakan dan mencegah terjadinya gerakan tanah lanjutan, perlu dipilih metode penanggulangan yang paling tepat.

Dengan semakin pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang geologi dan geoteknik, kita harus benar-benar mampu dan jeli dalam menentukan metode yang tepat untuk penanggulangan gerakan tanah. *Grouting* merupakan salah satu inovasi baru yang dapat dipilih sebagai upaya penanggulangan gerakan tanah. *Grouting* adalah metode penyuntikan pasta semen ke dalam tanah dengan tekanan tertentu melewati lubang bor

untuk meningkatkan kekuatan tanah. Dengan semakin meningkatnya kekuatan tanah, maka kemiringan lereng dapat dipertahankan dan permasalahan gerakan tanah yang sebelumnya terjadi dapat teratasi.

Keberhasilan penanggulangan gerakan tanah sangat ditentukan oleh ketelitian penyelidikan, ketepatan perencanaan dan pemilihan metode, serta kecepatan pelaksanaan sesuai dengan rencana yang telah disusun sebelumnya.

TINJAUAN PUSTAKA

Kondisi Geografi Semarang dan Sekitarnya

Wilayah Kota Semarang, Propinsi Jawa Tengah, secara geografis terletak pada koordinat 110°16'20'' – 110°30'29'' Bujur Timur dan 6°55'34'' – 7°07'04'' Lintang Selatan, dengan luas daerah sekitar 391.2 Km². Kota Semarang di bagian Barat berbatasan dengan wilayah Kabupaten Kendal, bagian Timur dengan Kabupaten Demak, bagian selatan dengan kabupaten Semarang dan bagian utara dibatasi oleh Laut Jawa dengan panjang garis pantai ± 13.6 Km. (BMG Jateng, 2009).

Geomorfologi

Nugroho (2002), kondisi fisik Kota Semarang berdasarkan pengamatan lapangan dan hasil identifikasi oleh Bemmelen (1949), serta laporan dari Thanden, dkk., (1996), Morfologi daerah penelitian digolongkan pada Satuan Bentuklahan Dataran Aluvial. Bentuklahan asal proses fluvial terbentuk akibat aktivitas aliran sungai yang berupa pengikisan, pengangkutan, dan pengendapan (sedimentasi) dimana proses-proses yang berlangsung dibantu juga

oleh tenaga eksogen antara lain iklim, curah hujan, angin, jenis batuan, topografi, suhu, yang semuanya akan mempercepat proses pelapukan dan erosi.

Stratigrafi

Geologi Kota berdasarkan Peta Geologi Regional Lembar Magelang dan Semarang, Jawa, yang disusun oleh Thanden (1996), terdiri dari beberapa Formasi. Untuk Kali Semarang termasuk kedalam Aluvium (Qa) yang Merupakan endapan aluvium pantai, sungai dan danau. Endapan pantai litologinya terdiri dari lempung, lanau serta pasir dengan ketebalan 50 atau lebih. Endapan sungai dan danau terdiri dari kerikil, pasir dan lanau dengan tebal 1 – 3 m. Bongkah tersusun dari andesit, batulempung, dan sedikit pasir.

Pemboran

Metode yang biasa dilakukan untuk menentukan kondisi tanah bawah permukaan dan pengambilan contoh menurut (Bowles dan Hanim, 1991) adalah dengan melakukan pemboran pada titik di areal tempat pondasi. Setiap jenis peralatan bor dengan kapasitas kedalaman yang cukup dapat dipakai untuk membuat lubang bor. Dua buah metode yang paling biasa dipakai adalah pemboran dengan injeksi air (*wash boring*) dan dengan bor (*auger*)

Sondir (*Dutch Cone Penetration Test*)

Cone penetration test (CPT) atau sondir adalah alat berbentuk silindris dengan ujungnya berupa konus. Dalam uji sondir, stang alat ini ditekan ke dalam tanah dan kemudian perlawanan tanah terhadap ujung sondir (tahanan ujung) dan gesekan pada silinder diukur.

Hubungan Empiris Kekuatan Tanah Berdasarkan Uji Penetrasi Sondir

Menurut Terzaghi dan Peck (1993), harga perlawanan konus hasil uji penetrasi sondir pada lapisan tanah / batuan dapat dihubungkan secara empiris dengan kekuatannya.

Tabel 2.1 Konsistensi tanah lempung berdasarkan hasil sondir (Terzaghi dan Peck, 1948)

Konsistensi	Conus Resistance (qc) Kg/cm ²	Friction Ratio (FR) %
Sangat Lunak	5	3.5
Lunak	5 – 10	3.5
Medium	10 – 35	4.0
Kaku	30 – 60	4.0
Sangat kaku	60 – 120	6.0
Keras	120	6.0

Tabel 2.2 Kepadatan lapisan tanah berdasarkan hasil sondir (Terzaghi dan Peck, 1948)

Konsistensi	Conus	Friction
-------------	-------	----------

	Resistance (qc) Kg/cm ²	Ratio (FR) %
Sangat Lepas	20	2.0
Lepas	20 - 40	2.0
Setengah lepas	40 - 120	2.0
Padat	120 - 200	4.0
Sangat padat	200	4.0

Hubungan Empiris Jenis Tanah Berdasarkan Uji Penetrasi Sondir

Untuk mengklasifikasikan tanah ada banyak jenis klasifikasi salah satunya dari Robertson (1986). Pada klasifikasi ini digunakan dengan cara memplotkan antara nilai qc dengan FR. Hasil pemplotannya itu menunjukkan jenis tanah pada daerah tersebut. Sebelum memplotkan nilai qc harus diubah terlebih satuan kg/cm² dahulu kedalam satuan Mpa atau Mega pascal. Untuk nilai 1 kg/cm² = 0,0980665 Mpa (Robertson, 1990).

Grouting

Grouting adalah penginjeksian material perekat ke dalam tanah/batuan yang lulus air dengan tujuan untuk menutup pori / rekahan. *Grouting* merupakan salah satu metode penanggulangan gerakan tanah melalui rekayasa kimia dan mekanis. Pada prinsipnya, metode ini menekankan pada upaya perkuatan lereng dan meningkatkan daya dukung tanah. Pekerjaan *Grouting* dilakukan dengan cara menyuntikkan pasta semen ke dalam tanah atau batuan melalui lubang bor dengan tujuan menutup diskonstruksi terbuka, rongga-rongga dan lubang-lubang pada lapisan yang dituju untuk meningkatkan kekuatan tanahnya.

Rumus Daya Dukung Tanah

Untuk menentukan daya dukungnya dapat menggunakan rumus dari Schmertmann (1978) (Suprayitno, 2011).

Untuk tanah kohesif

$$q_{ult} = 5 + 0,34 q_c$$

Untuk tanah berbutir-butir

$$q_{ult} = 48 - 0,009(300 - q_c)^{1,5}$$

dimana :

qult = Daya Dukung Ultimit Tanah

qc = Nilai Conus

Setelah didapatkan nilai daya dukung Ultimit Tanah (qult), Langkah selanjutnya menghitung daya dukung ijin tanah yaitu :

$$q_{all} = q_{ult} / S_f$$

dimana :

qall = Daya Dukung ijin tanah

qult = Daya Dukung Tanah Ultimit

Sf = Faktor Keamanan biasanya nilainya diambil 3

METODOLOGI

Metodologi Penelitian

Pada daerah ini memiliki kondisi tanah sangat lunak dan untuk membangun tanggul pada daerah ini daya dukung tanah yang ada kemungkinan tidak akan

mencukupi. Untuk itu perlu dilakukan penguatan tanah sangat lunak ini terlebih dahulu agar daya dukung tanah pada daerah ini meningkat dan daya dukung tanah tersebut memenuhi syarat untuk membangun tanggul diatasnya.

Sebelum dilakukan *grouting* pertama kali yang dilakukan terlebih dahulu pengambilan data primer berupa sondir pada lokasi agar mengetahui berapa besar nilai kekuatan dan daya dukung tanah sebelum dilakukan *grouting*. Dari analisis diperoleh kondisi bawah permukaan berupa lempung dengan kepadatan sangat lunak sampai lunak.

Selanjutnya dilakukan penguatan dan metode untuk meningkatkan kekuatan dan daya dukung tanah ini dilakukan dengan melakukan *grouting* pada tanah yang akan dibuat tanggul. Sondir juga dilakukan kembali setelah beberapa bulan dilakukan *grouting* dengan tujuan agar mengetahui besar peningkatan kekuatan dan daya dukung tanah. Setelah diketahui besar nilai peningkatan, kemudian dilakukan penilaian bila $q_c \geq 24 \text{ kg/cm}^2$ atau daya dukung $\geq 25,73 \text{ ton/m}^2$ maka dilakukan pembangunan tanggul. Jika tidak mencapai nilai daya dukung tersebut, dilakukan penguatan kembali dengan menggunakan *grouting*.

Hipotesis

1. Jenis tanah yang terdapat pada Kali Semarang memiliki daya dukung tanah kecil dengan litologi berupa lempung sangat lunak.
2. Peningkatan daya dukung tanah sangat lunak pada Kali Semarang dilakukan dengan metode *grouting* pemadatan.
3. *Grouting* memberi efek perubahan jenis tanah pada daerah yang di-*grouting*.
4. Daya dukung tanah setelah di-*grouting* meningkat secara signifikan bila dibandingkan dengan kondisi sebelum di-*grouting*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi Penelitian

Hasil analisis data geomorfologi yang didapatkan dengan menggunakan parameter tersebut, maka geomorfologi Kali Semarang adalah dataran fluvial. Satuan dataran fluvial memiliki beda tinggi antara 1 – 2 m dengan persentase lereng sebesar 0-2 %. Proses eksogenik yang berpengaruh terhadap daerah penyelidikan yaitu erosi, transportasi dan sedimentasi.

Stratigrafi Lokasi Penelitian

Berdasarkan peta geologi regional Thanden (1996), satuan stratigrafi yang terdapat pada daerah penyelidikan termasuk kedalam alluvial. Aluvial merupakan hasil dari pengaruh sungai dan lingkungan perairan laut yang ditandai pecahan terumbu karang dan sisa vegetasi yang menghasilkan litologi alluvial yang terdiri dari lempung.

Jenis Tanah Sebelum *Grouting*

Untuk mengetahui jenis tanah secara umum di wilayah pantai kota Semarang berdasarkan penelitian Penelitian Pusat Pengembangan Geologi Kelautan Bandung tahun 2000 dengan metode pendeteksian georadar, pemboran inti dan penyondiran menyatakan kondisi litologi bawah permukaan wilayah pantai Kota Semarang terdiri atas sedimen berfraksi halus yang bersifat lunak dan pasirian bersifat relatif padat yang beralaskan batuan vulkanik di bawah kedalaman 20 – 25 meter. Sebaran tanah lunak (tanah dengan tekanan konus [Q_c] $< 10 \text{ Kg/cm}^2$) semaki tebal ke arah Timur Laut – Timur, dan menipis ke arah Barat – Selatan. Oleh karena lokasi yang akan didirikan bangunan polder di Kali Semarang terletak di sekitar wilayah pantai Kota Semarang yang didominasi oleh tanah yang bersifat lunak maka dilakukan pekerjaan penyelidikan tanah uji sondir (gambar 4.3) pada tiga titik pengujian. Alat yang digunakan berupa satu unit alat sondir dengan kapasitas 2,5 ton.

Pengujian Sondir dilakukan untuk mengetahui pelawanan tanah yang dilakukan dengan cara menusukkan bikonus/konus ke dalam tanah. Dari gesekan dan tekanan bikonus yang terjadi di dalam tanah dihantarkan melalui stang sondir bagian dalam yang kemudian dibaca pada manometer. Dari data yang diperoleh maka dibuat grafik perlawanan tanah dan hambatan konis. Dengan adanya grafik sondir maka dapat diketahui kondisi dan kedalaman tanah (gambar 4.4) untuk perencanaan pondasi.

• SONDIR 1

Berdasarkan pengeplotan yang dilakukan diperoleh di kedalaman 5,0 sampai 20,00 meter berupa tanah lempung. Untuk menggolongkan kekerasan sendiri menggunakan tabel dari Terzaghi dan Peck (1984) dan diperoleh lempung sangat lunak pada kedalaman 5,0 sampai 14,60 meter nilai *conus resistance* berkisar antara 1,00 sampai 4,00 kg/cm^2 , dan lempung lunak 14,80 sampai 20,00 meter nilai *conus resistance* berkisar antara 5,00 sampai 8,00 kg/cm^2 .

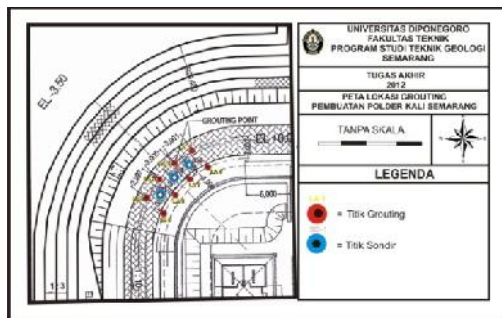
• SONDIR 2

Penentuan jenis tanah dengan menggunakan grafik dari Robertson (1986). Hasilnya kedalaman 4,40 sampai 20,00 meter berupa tanah lempung. Sama seperti titik sondir 1 untuk menggolongkan kekerasan menggunakan tabel dari Terzaghi dan Peck (1984), diperoleh hasil berupa lempung sangat lunak pada kedalaman 0,0 sampai 17,00 meter nilai *conus resistance* berkisar antara 1,00 sampai 4,00 kg/cm^2 , dan

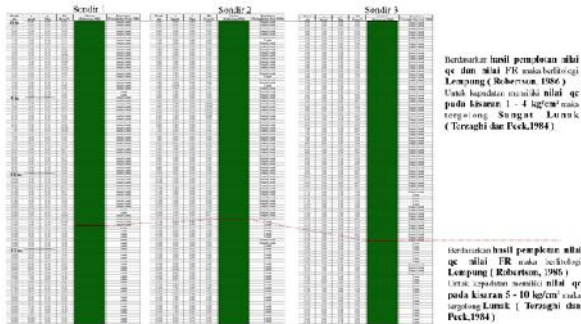
lempung lunak 17,20 sampai 20,00 meter nilai *conus resistance* berkisar antara 5,00 sampai 10,00 kg/cm².

• SONDIR 3

Penentuan jenis tanah dengan menggunakan grafik dari Robertson (1986). Hasilnya kedalaman 0,0 sampai 20,00 meter berupa tanah lempung. Sama seperti titik sondir 1 untuk menggolongkan kekerasan menggunakan tabel dari Terzaghi dan Peck (1984), diperoleh hasil berupa lempung sangat lunak pada kedalaman 0,0 sampai 16,60 meter nilai *conus resistance* berkisar antara 1,00 sampai 4,00 kg/cm², dan lempung lunak 16,80 sampai 20,00 meter nilai *conus resistance* berkisar antara 5,00 sampai 10,00 kg/cm².



4.1 Peta Lokasi Titik Pemboran, Sondir Kali Tenggang, Semarang.



Gambar 4.2 Kolom hasil interpretasi jenis tanah dan kekerasan sebelum *grouting*.

Tabel 4.1 Perlawanan Konus dan Sifat Lapisan Tanah Sebelum *Grouting*.

Titik Sondir	No.	Kedalaman (m)	Conus Resistance (kg/cm ²)	Sifat Lapisan Lempung
Sondir 1	1.	0,40-13,40	1 - 4	Sangat lunak
	2.	13,60-20,00	5 - 10	lunak
Sondir 2	1.	0,40-13,00	1 - 4	Sangat lunak
	2.	13,20-20,00	5 - 8	lunak
Sondir 3	1.	0,40-14,40	1 - 4	Sangat lunak
	2.	14,60-20,00	5 - 8	lunak

Proses Dan Penentuan Jenis *Grouting* Pemboran

Pekerjaan pemboran yang dilakukan pada proyek pembangunan

polder Kali Semarang merupakan kegiatan pemboran untuk mempersiapkan lubang *grouting* sedalam 20 meter. Jenis pemboran yang dilakukan adalah pemboran non-coring dengan metode *wash boring*, yaitu suatu metode pemboran yang biasa digunakan untuk menembus material-material lepas dan lunak. Hal ini sesuai dengan kondisi dilapangan Kali Semarang, yang sebagian besar tersusun atas endapan aluvium kwarter yang tersusun atas litologi berupa pasir lepas hingga lempung sangat lunak.

Pencucian Lubang Bor

Setelah pelaksanaan pemboran selesai, lubang bor dibersihkan dan dicuci dengan air pembilas sekitar 10 menit sampai air sisanya berwarna bening.

Grouting

Grouting merupakan salah satu metode untuk meningkatkan daya dukung tanah atau batuan. *Grouting* merupakan salah satu penanggulangan gerakan tanah melalui rekayasa kimia dan mekanis. Pekerjaan *grouting* dilakukan dengan menyuntikkan pasta semen ke dalam tanah atau batuan melalui lubang bor dengan tujuan menutup diskonstruksi terbuka, rongga-rongga dan lubang-lubang pada lapisan yang dituju untuk meningkatkan kekuatan tanahnya. *Grouting* yang dilakukan di Kali Semarang adalah *Compaction grouting*. *Compaction grouting* merupakan *grouting* dimana material *grouting* akan mengganti dan bercampur dengan tanah disekelilingnya

Penutupan Lubang Bor

Setelah pelaksanaan *grouting* dinyatakan selesai, langkah yang terakhir adalah penutupan lubang bor. Material yang digunakan untuk menutup lubang bor berupa campuran antara semen + air atau semen + pasir + air.

Jenis Tanah Sesudah *Grouting*

Pada daerah ini seperti hasil sondir sebelum di-*grouting* memiliki jenis tanah berupa lempung ketika diinterpretasikan jenis tanahnya dengan memplotkan nilai qc dan FR pada grafik klasifikasi tanah dari Robertson (1986). Pasir dan semen yang digunakan untuk melakukan *grouting* hanya sebagian materialnya yang berukuran lempung dan sedikit mengandung mineral lempung, sehingga akan mempengaruhi nilai FR dan qc ketika dilakukan interpretasi pembacaan hasil sondir. Berikut hasil sondir sesudah dilakukan *grouting* :

• SONDIR 1

Uji sondir ini dilakukan 14 hari setelah pekerjaan *grouting* selesai. Tabel kekerasan dari

Terzaghi dan Peck (1984) digunakan untuk menentukan tingkat kekerasan batuan, diperoleh pada kedalaman 4,0 sampai 9,60 meter nilai *conus resistance* berkisar antara 5,00 sampai 9,00 kg/cm², kedalaman 9,80 sampai 12,40 meter nilai *conus resistance* berkisar antara 11,00 sampai 16,00 kg/cm², kedalaman 12,60 sampai 20,00 meter nilai *conus resistance* berkisar antara 18,00 sampai 33,00 kg/cm²

- **SONDIR 2**

Uji sondir ini dilakukan 14 hari setelah pekerjaan *grouting* selesai. Tabel kekerasan dari Terzaghi dan Peck (1984) digunakan untuk menentukan tingkat kekerasan batuan, diperoleh lempung lunak pada kedalaman 4,0 sampai 11,40 meter nilai *conus resistance* berkisar antara 5,00 sampai 9,00 kg/cm², lempung teguh 11,60 sampai 16,40 meter nilai *conus resistance* berkisar antara 10,00 sampai 20,00 kg/cm², kedalaman 16,60 sampai 20,00 meter nilai *conus resistance* berkisar antara 23,00 sampai 30,00 kg/cm²

- **SONDIR 3**

Uji sondir ini dilakukan 30 hari setelah pekerjaan *grouting* selesai. Tabel kekerasan dari Terzaghi dan Peck (1984) digunakan untuk menentukan tingkat kekerasan batuan, diperoleh lempung lunak pada kedalaman 4,0 sampai 8,80 meter nilai *conus resistance* berkisar antara 5,00 sampai 9,00 kg/cm², lempung teguh 9,00 sampai 14,60 meter nilai *conus resistance* berkisar antara 18,00 sampai 35,00 kg/cm², kedalaman 14,60 sampai 20,00 meter nilai *conus resistance* berkisar antara 36,00 sampai 55,00 kg/cm²

Efek *Grouting* dan Perubahan Jenis Tanah

Seperti telah diketahui sebelumnya bahwa efek dari *grouting* akan mengeraskan dan memadatkan tanah yang ada dikarenakan adanya material pasir berukuran < 0,2 mm dan semen. Selain itu, efek cairan mortar dari *grouting* yang masuk dalam tubuh tanah ini maka akan merubah sifat dari tanah pada daerah ini yang tadinya memiliki sifat lempung sepenuhnya. Dalam rumus daya dukung

tanah, pasir sendiri berbeda dengan lempung yang bersifat kohesif dan dalam penggunaan rumus menggunakan rumus *granular soils* bukan *cohesive soils*. Namun dikarenakan sebagian besar kandungan material setelah di-*grouting* masih banyak yang bersifat kohesif seperti pada lanau yang ada didalam pasir untuk *grouting*, lempung daerah tersebut dan semen yang memiliki sifat adhesif dan kohesif tinggi, maka penggunaan rumus masih menggunakan jenis *cohesive soils*

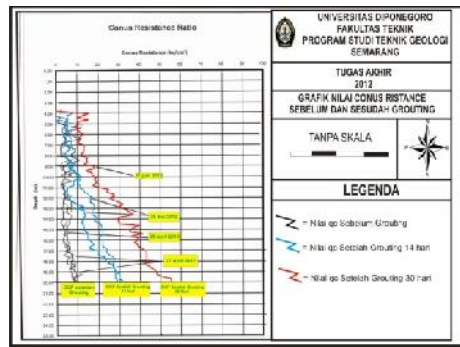
Evaluasi Kualitas *Grouting* Dengan Hasil Sondir

Dampak yang dihasilkan oleh pekerjaan *grouting* pada tanah pembangunan polder Kali Semarang terlihat dari hasil pengujian sondir yang dilakukan sebelum dan sesudah *grouting* dan kemudian diklasifikasikan serta dilakukan perhitungan nilai daya dukung tanah.

Perubahan Nilai *Conus Resistance* (qc)

Hasil klasifikasi konsistensi tanah berdasarkan nilai *conus resistance* (gambar 4.9) yang dilakukan data pengujian sondir sebelum dilakukan *grouting* menunjukkan pada titik sondir 1 tanah yang memiliki konsistensi lunak berada mulai dari kedalaman 14,60 meter dengan nilai *conus resistance* 5-8 kg/cm². Setelah dilakukan *grouting*, tanah yang memiliki konsistensi teguh berada mulai dari kedalaman 12,60 meter dengan nilai *conus resistance* 17-33 kg/cm². Pada titik sondir 3 tanah yang memiliki konsistensi sangat lunak berada mulai kedalaman 0,0-16,60 dengan nilai *conus resistance* 1-4 kg/cm², tanah lunak berada mulai dari kedalaman 16,80-20,00 meter dengan nilai *conus resistance* 5-8 kg/cm². Setelah dilakukan *grouting*, tanah yang memiliki konsistensi teguh

berada mulai kedalaman 8,80-14,40 meter dengan nilai *conus resistance* 14 -30 kg/cm², lalu tanah dengan konsistensi kaku berada mulai kedalaman 14,60-20,00 meter dengan nilai *conus resistance* 31-55 kg/cm².



Gambar 4.3 Nilai Conus Ristance sebelum dan sesudah *grouting*

Perbandingan Daya Dukung Tanah

Ada berbagai macam rumus yang digunakan untuk menghitung daya dukung izin tanah (q_{all}) antara lain menggunakan rumus dari Schmertmann (1978), yaitu sebagai berikut :

$$q_{ult} = 5 + 0,34q_c$$

$$q_{all} = q_{ult} / S_f$$

Keterangan :

q_c = nilai *conus resistance*

q_{ult} = daya dukung batas tanah

S_f = Faktor keamanan dengan nilai 3

q_{all} = daya dukung izin tanah

Dari data yang telah diperoleh dari hasil perhitungan daya dukung tanah tersebut dilakukan perbandingan kondisi sebelum dan sesudah dilakukan *grouting*. Perbandingan hasil sondir sebelum dan sesudah *grouting* sesuai dengan kedalaman maksimal data hasil sondir sesudah *grouting* dilakukan dengan tujuan agar bisa memperoleh perbandingan peningkatan sebenarnya dan seberapa jauh peningkatannya.

Pada hasil sondir sebelum *grouting* diperoleh hasil daya dukung tanah sekitar 22,33 – 25,73 ton/m² atau 2,23 – 2,57 kg/cm². Nilai tertinggi dari sondir ini hanya 25,73 ton/m² pada titik sondir 1 dengan kedalaman 20 m.

Selanjutnya hasil daya dukung tanah sesudah dilakukan *grouting* memiliki nilai 21,20 – 54,06 ton/m² atau 2,12 – 5,46 kg/cm². Nilai tertinggi dari sondir ini 54,06 ton/m² dengan kedalaman 20 m. Kapasitas daya dukung tanah yang dihasilkan sesudah *grouting* sendiri akan terus meningkat dengan bertambahnya waktu sampai mencapai kekerasan maksimal ketika mortar yang disuntikkan telah kering.

Dari data yang telah diperoleh dari hasil perhitungan daya dukung tanah tersebut dilakukan perbandingan kondisi sebelum dan sesudah dilakukan *grouting*. Perbandingan hasil sondir sebelum dan sesudah *grouting* sesuai dengan kedalaman maksimal data hasil sondir sesudah *grouting* dilakukan dengan tujuan agar bisa memperoleh perbandingan peningkatan sebenarnya dan seberapa jauh peningkatannya.

Pada hasil sondir sebelum *grouting* diperoleh hasil daya dukung tanah sekitar 20,10 – 26,86 ton/m² atau 2,01 – 2,68 kg/cm². Nilai tertinggi dari sondir ini hanya 26,86 ton/m² pada titik sondir 1 dengan kedalaman 20 m.

Selanjutnya hasil daya dukung tanah sesudah dilakukan *grouting* memiliki nilai 22,33 – 50,67 ton/m² atau 2,23 – 5,06 kg/cm². Nilai tertinggi dari sondir ini 50,67 ton/m² dengan kedalaman 20 m. Kapasitas daya dukung tanah yang dihasilkan sesudah *grouting* sendiri akan terus meningkat dengan bertambahnya waktu sampai mencapai kekerasan maksimal ketika mortar yang disuntikkan telah kering.

Dari data yang telah diperoleh dari hasil perhitungan daya dukung tanah tersebut dilakukan perbandingan kondisi sebelum dan sesudah dilakukan *grouting*. Perbandingan hasil sondir sebelum dan sesudah *grouting* sesuai dengan kedalaman maksimal data hasil sondir sesudah *grouting* dilakukan dengan tujuan agar bisa memperoleh perbandingan peningkatan sebenarnya dan seberapa jauh peningkatannya.

Pada hasil sondir sebelum *grouting* diperoleh hasil daya dukung tanah sekitar 20,10 – 28,00 ton/m² atau 2,01 – 2,8 kg/cm². Nilai tertinggi dari sondir ini hanya 28,00 ton/m² pada titik sondir 1 dengan kedalaman 20 m. Selanjutnya hasil daya dukung tanah sesudah dilakukan *grouting* memiliki nilai 29,13 – 79,00 ton/m² atau 2,91 – 7,9 kg/cm². Nilai tertinggi dari sondir ini 79,00 ton/m² dengan kedalaman 20 m. Kapasitas daya dukung tanah yang dihasilkan sesudah *grouting* sendiri akan terus meningkat dengan bertambahnya waktu sampai mencapai kekerasan maksimal ketika mortar yang disuntikkan telah kering. Pada prinsipnya penyebaran cairan *grouting* memiliki prinsip pada kedalaman semakin kebawah maka kecepatan penyebaran cairan *grouting* akan semakin lebih cepat daripada kedalaman di atasnya. Efeknya kecepatan peningkatan daya dukung tanah sesudah *grouting* semakin kebawah semakin lebih cepat daripada di atasnya

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari ke 3 titik sondir sebelum *grouting* yang dilakukan pada kedalaman 4,0 sampai kisaran kedalaman 14,00 m terdapat lempung sangat lunak dengan nilai tahanan konus (q_c) 1 – 4 kg/cm². Untuk kedalaman 14,00 m – 20,00 m terdapat lempung lunak dengan nilai tahanan konus (q_c) 5 – 8 kg/cm².

2. Hasil sondir pada titik SD 1 kedalaman 7 m sebelum *grouting* 18,93 kg/cm². setelah *grouting* 14 hari menjadi 24,60 kg/cm² mengalami peningkatan 1,2 kali.
3. Hasil sondir pada titik SD 2 kedalaman 5 m sebelum *grouting* 20,10 kg/cm². setelah *grouting* 14 hari menjadi 22,33 kg/cm² mengalami peningkatan 1,1 kali.
4. Hasil sondir pada titik SD 3 kedalaman 6 m sebelum *grouting* 20,10 kg/cm². setelah *grouting* 14 hari menjadi 31,40 kg/cm² mengalami peningkatan 1,56 kali.
5. Daya dukung tanah setelah *grouting* semakin kedalam semakin kuat dan kecepatan peningkatan daya dukung tanah sesudah *grouting* semakin kebawah semakin lebih cepat daripada di atasnya.

Saran

Berdasarkan jenis tanah berupa lempung sangat lunak maka jarak antar titik *grouting* sebaiknya dilakukan dengan jarak antar titik 3 meter sehingga penguatan daya dukung tanah untuk pondasi polder menjadi sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2001. *Peta RBI (Rupa Bumi Indonesia) Semarang Lembar 1409-222 Edisi 2001 Skala 1 : 25.000*. Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional, Bandung.
- _____. 2012. *Peta Peningkatan Saluran Drainase Kali Tenggang*. PT. Eka Esti Utama, Semarang.
- Barentsen, P. 1936. Short description of field testing method with cone shaped sounding apparatus. In *Proceedings 1st International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*. Cambridge, Mass, 1, B/3: 6-10.
- Bowles, J.E. 1991. *Sifat – sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Erlangga, Jakarta.
- Hudoro, Humaryono. 2001. *Survey Geoteknik, Bagian dari KL- 241 dan 242 Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. ITB, Bandung.
- Robertson, P.K., 1990. *Soil classification using the cone penetration test*. Canadian Geotechnical Journal, 27(1): 151-158.
- Soedibyo.1993. *Teknik bendungan*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suprayitno, Untung. 2011. *Penentuan daya dukung pondasi dari hasil sondir (CPT)*. Sumber: <http://untungsuprayitno.wordpress.com/2011/05/19/penentuan-daya-dukung-pondasi-dari-hasil-sondir/9April2012/> 11.00WIB.
- Sosrodarsono, Suyono dan Kazuto Nakazawa. 2000. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Terzaghi, Karl dan Ralph B Peek. 1993. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid 2*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Thanden R.E, H.Sumadirdja, P.W. Richards, K. Sutisna, dan T.C. Amin. 1996. *Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang Skala 1 : 100000*. Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Warner, J .2005. *Practical Handbook of Grouting Soil, Rock and Structures*. Mariposa. California.
- Wesley, L.D. 1977. *Mekanika Tanah*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.